

В.С.ГЛАДКОВ, канд.техн.наук; **О.А.ГУЧЕНКО**;
В.Я.ХАЙЛО; **О.В.ШЕСТЕРІКОВ**; НТУ «ХПІ»

ЗАЛЕЖНІСТЬ РУЙНУВАННЯ БЕТОНІВ ПРИ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПРОБІЙ ВІД АМПЛІТУДНО-ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ ІМПУЛЬСІВ НАПРУГИ

На базі результатів експериментальних досліджень показано, що при дії імпульсів наносекундного діапазону руйнування бетонів при електричному пробії відбувається в 5-6 разів ефективніше, ніж при дії мікросекундних імпульсів.

On the base of the results of experimental studies, it is shown that, under the action of voltage pulses of nanosecond range, concrete failure during electrical breakdown is 5-6 times more efficient than under the action of microsecond pulses.

Аналіз наявних літературних даних, а також результатів попередніх досліджень ефективності руйнування занурених у воду бетонів при електричному пробії показав, що відсутні будь-які відомості про вплив на руйнування бетонів амплітудно-часових параметрів (АЧП) імпульсів напруги, що діють на зразки бетону. А вибір оптимальних АЧП імпульсів напруги дозволяє кваліфіковано вибрати номінальну напругу високовольтної установки для електрофізичної утилізації залізобетонних та бетонних виробів.

З метою отримання кількісних характеристик АЧП імпульсів напруги наносекундного діапазону і порівняння їх з існуючими даними для імпульсів мікросекундного діапазону [1] були проведені експериментальні дослідження, що пов'язані з виявленням залежності ступеня руйнування зануреного у воду бетону від амплітудно-часових параметрів (АЧП) імпульсу напруги.

Для проведення експериментальних досліджень та порівняння з існуючими результатами досліджень в мікросекундному діапазоні були виготовлені досліджувані зразки з бетону діаметром 80 мм та завтовшки 9 мм. Зразки виготовлялись з портландцементу різних марок та заповнювача у вигляді піску (зерна різної величини від 0,14 мм до 0,5 мм) та гравію розміром 1,5-2,5 мм. Бетонна суміш мала відношення «цемент-заповнювач» 1:3 при водоцементному відношенні В/Ц = 0,4. Зразки виготовлялися у спеціальних формах та витримувалися в нормальних умовах твердіння (відносна вологість 90-100 % при температурі 20-25 °С) 28 діб. Перші чотири доби після виготовлення зразки щодня зволожувалися. Після закінчення процесу твердіння зразки покривалися тонким шаром парафіну з метою запобігання їх зволоженню при зануренні у воду.

Дослідження проводились на спеціально створеній установці.

Електричну схему установки наведено на рис. 1, а її загальний вигляд наведено на рис. 2.

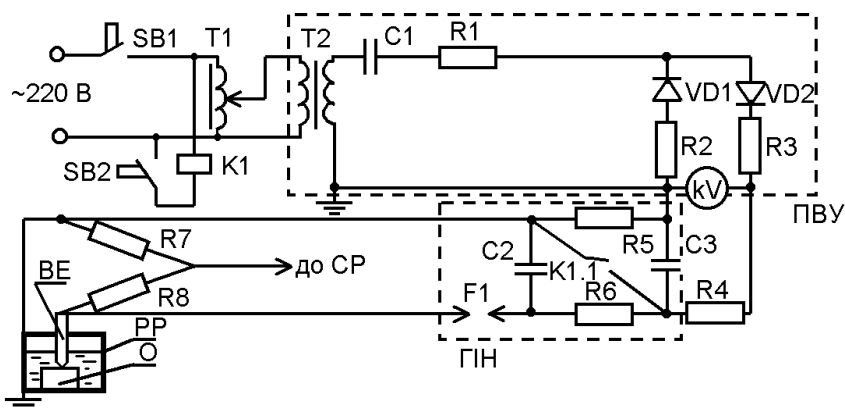


Рисунок 1 – Принципова електрична схема дослідницької установки:
 SB1 – кнопка вмикання; T1 – регулювальний автотрансформатор; ПВУ – підвищу-
 вально-випрямний пристрій; T2 – підвищувальний трансформатор; C1 – ємність
 подвосення; R1, R2, R3 – струмообмежувальні резистори; VD1, VD2 – випрямні діоди;
 R4, R5, R6 – зарядні резистори; ГН – генератор імпульсів напруги; C2, C3 –
 накопичувальні конденсатори; F1 – відсікальний розрядник; SB2 – кнопка керування
 розрядом; K1 – керувальний контактор; R7, R8 – резистори подільника напруги;
 BE – високовольтний електрод; PP – робочий резервуар; O – об'єкт руйнування;
 CP – система реєстрації



Рисунок 2 – Загальний вигляд дослідницької установки

З метою порівняння результатів експериментальних досліджень з результатами досліджень, проведених при дії імпульсів напруги мікросекундного діапазону, електрична схема налаштована так, щоб електричний розряд у товщі бетонного зразка здійснювався на фронті імпульсу напруги. Треба

відмітити, що під терміном «імпульс напруги мікро- та наносекундного діапазону» розуміється додатний імпульс напруги з мікро- та наносекундною тривалістю фронту.

Установка генерує імпульси напруги двох форм (див. рис. 3 та 4).

Типову осцилограму імпульсу напруги при електричному пробіі бетонного зразка наведено на рис. 5.

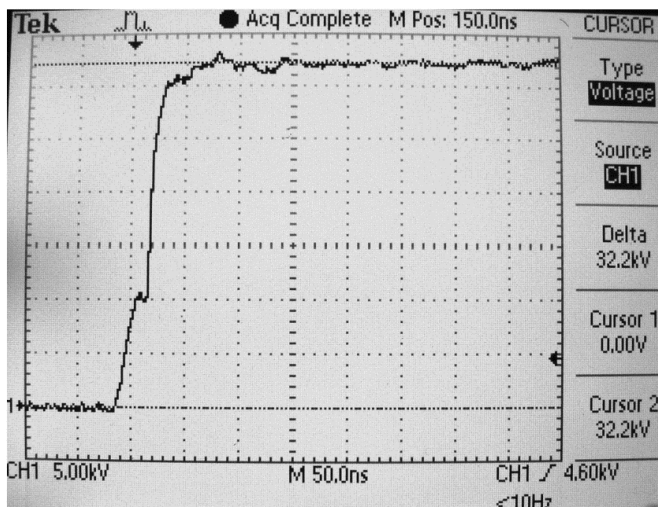


Рисунок 3 – Осцилограма наносекундного імпульсу напруги

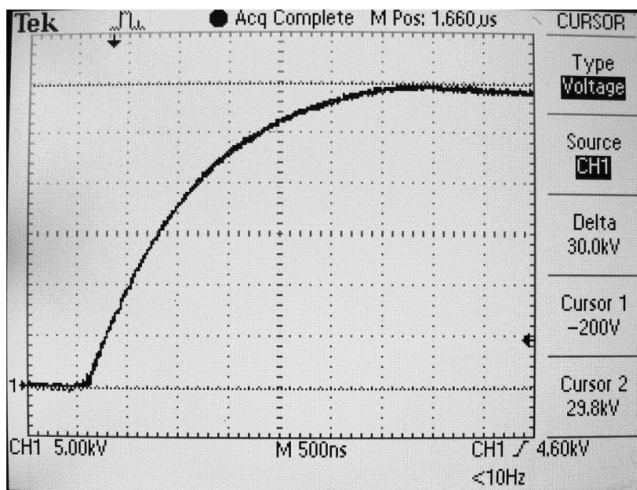


Рисунок 4 – Осцилограма мікросекундного імпульсу напруги

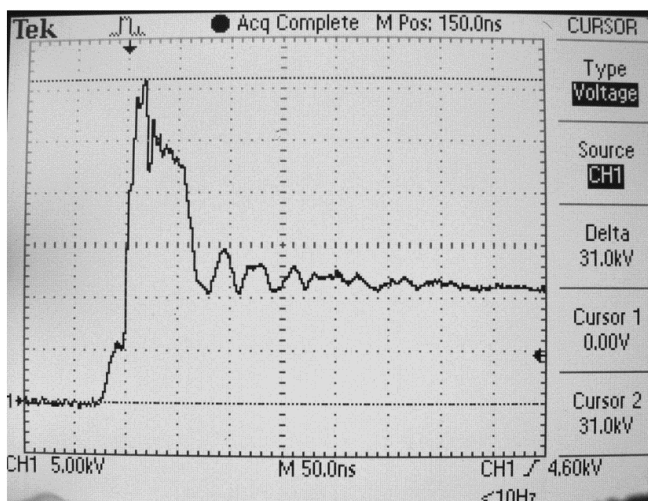


Рисунок 5 – Типова осцилограма імпульсу напруги

Критеріями оцінювання ступеня руйнування бетонних зразків при електричному пробі в системі електродів «стержень-площина» та «стержень-стержень» є:

- діаметр отвору (після того, як складено шматочки зруйнованого бетонного зразка);
- кількість шматків;
- середній розмір шматків бетонного зразка та їх кількість.

При проведенні експериментальних досліджень електричного пробію кожного бетонного зразка фіксувалася величина напруги пробію. Результати експериментальних досліджень руйнування бетонів у залежності від амплітудно-часових параметрів імпульсів напруги, що прикладаються, зведені до таблиці.

Результати експериментальних досліджень руйнування бетону

№	Тривалість фронту імпульсу 40 нс						
	Товщина зразка Δ , см	Амплітуда проб. напр., кВ	Ефект. міцн., кВ/см	Діам. отвору, мм	Орієн. кільк. шматків, шт	Орієн. середн. розмір шматків, мм x мм	Середня електр. міцн. E, кВ/см
1	2	32	26,7	7	10	20 x 30	26,84
2	1,2	33	27,5	8	11	->-	26,84

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8
3	1,25	32	25,6	9	12	-»-	26,84
4	1,15	32	26,7	7	11	-»-	26,84
5	1,2	33	27,5	8	12	-»-	26,84
6	1,25	34	27,2	8	12	-»-	26,84
7	1,2	32	26,7	9	13	-»-	26,84
8	1,2	32	26,7	9	13	21 x 25	26,84
9	1,18	31	26,3	9	12	20 x 30	26,84
10	1,2	33	27,5	9	13	-»-	26,84
Електроди «стержень-стержень»							
1	1,25	31	24,8	9	15	20 x 30	25,3
2	1,25	32	24,8	9	14	-»-	
3	1,2	30	25	10	14	-»-	
4	1,2	31	25,8	11	14	-»-	
5	1,2	30	25	10	14	-»-	
6	1,2	31	25,8	9	15	-»-	
7	1,2	30	25	10	14	-»-	
8	1,2	30	25	10	15	-»-	
9	1,2	31	25,8	11	15	-»-	
10	1,15	30	26,1	10	14	-»-	
Тривалість фронту імпульсу 2524 нс							
Електроди «стержень-площина»							
1	1,2	42	2	3	40x50	35	35
2	1,2	43	2	3	-»-	36	
3	1,25	41	2	3	-»-	34	
4	1,15	43	2	3	-»-	36	
5	1,2	42	2	3	-»-	35	
6	1,25	41	2	3	-»-	34	
7	1,2	41	2	3	-»-	34	
8	1,2	42	2	3	-»-	35	
9	1,18	43	2	3	-»-	36	
10	1,2	41	2	3	-»-	34	
Електроди «стержень-стержень»							
1	1,25	40	2	3	-»-	32	33
2	1,25	41	2	3	-»-	34	
3	1,2	40	2	3	-»-	32	
4	1,2	42	2	3	-»-	35	
5	1,2	40	2	3	-»-	32	
6	1,2	40	2	3	-»-	32	

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8
7	1,2	41	2	3	->-	34	
8	1,2	41	2	3	->-	34	
9	1,2	42	2	3	->-	35	
10	1,15	40	2	3	->-	32	

Характер руйнування бетону при дії імпульсів напруги наносекундного та мікросекундного діапазонів наведений на рис. 6.



а



б

Рисунок 6 – Характер руйнування бетону: а – при дії імпульсу наносекундного діапазону; б – при дії імпульсу мікросекундного діапазону.

З аналізу даних таблиці можна зробити висновок, що електрична міцність бетонів при дії імпульсів напруги наносекундного діапазону при всіх типах електродів дорівнюється $E_{пр\text{ ср}} \approx (25...27) \pm 10$ кВ/см, а при дії імпульсів напруги мікросекундного діапазону при всіх типах електродів $E_{пр\text{ ср}} \approx 33...38$ кВ/см, тобто в першому випадку електрична міцність бетонів значно нижче.

Були проведені також експериментальні дослідження впливу на руйнування бетону конфігурації електродів.

З аналізу результатів роботи можна зробити такі висновки:

- вперше отримані кількісні характеристики електричної міцності бетонів при дії імпульсів напруги наносекундного діапазону;
- при дії імпульсів напруги наносекундного діапазону руйнування бетону значно більше, ніж при дії імпульсів напруги мікросекундного діапазону;
- експериментально підтверджено, що оптимальними конфігураціями електродів є «стержень-стержень» та «стержень-площина».

Список літератури: 1. Вершинин Ю.Н., Электрический пробой твердых диэлектриков. – Новосибирск, «Наука», 1968. – 210 с.

Надійшла до редколегії 05.03.2008